

## Semiconductor power module

Patent Number:  EP0774782, A3  
Publication date: 1997-05-21  
Inventor(s): IWAGAMI TOORU C O MITSUBISHI D (JP); MAJUMDAR GOURAB C O MITSUBISHI (JP); NODA SUKEHISA C O MITSUBISHI D (JP)  
Applicant(s): MITSUBISHI ELECTRIC CORP (JP)  
Requested Patent:  JP9139461  
Application Number: EP19960109621 19960614  
Priority Number (s): JP19950296457 19951115  
IPC Classification: H01L23/433  
EC Classification: H01L23/433E, H01L21/56M, H01L23/495L  
Equivalents:  US5703399  
Cited Documents: US5434449; EP0399447; US5313095; EP0409196; US5362775; EP0594395; JP1282846

### Abstract

It is an object to compatibly realize the excellent heat radiating characteristic and the manufacturing cost reduction. A blanked lead frame (3) serves both as an interconnection pattern for a control circuit (8) and a power circuit (9) and as external terminals (15, 17). Highly heat conducting resin (2) having an electric insulating property is put between the lead frame (3) and the heat sink (1) arranged to face each other to maintain good thermal conductivity therebetween. The heat sink (1) and the lead frame (3) are coupled easily and fixedly by performing a simple process of sealing with the highly heat conducting resin (2). Accordingly, it does not require expensive circuit boards, which have been necessary in conventional devices, nor the process of patterning the interconnection pattern and the process of connecting the external terminals to the interconnection pattern when manufacturing the device. That is to say, the

manufacturing cost is reduced without deteriorating the heat radiating characteristic.



Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-139461

(43)公開日 平成9年(1997)5月27日

(51) Int.CI. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号
H01L 25/04		
25/18		23/50
23/12		23/12
23/36		23/36
23/50		Z

F I	技術表示箇所
H01L 25/04	2
	W
	J
	D
	Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全13頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-296457

(22)出願日 平成7年(1995)11月15日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 ゴーラブ マジュムダール

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 岩上 徹

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 野田 祐久

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

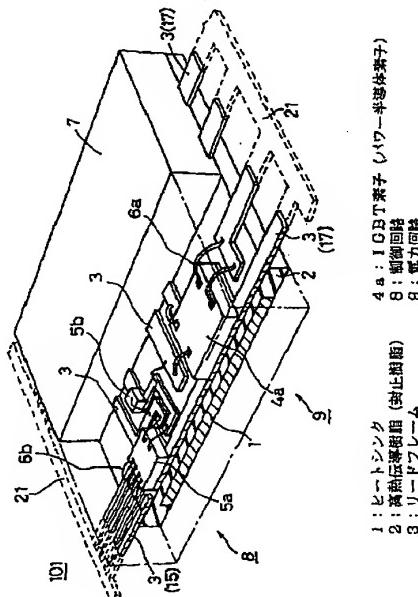
(74)代理人 弁理士 吉田 茂明 (外2名)

## (54)【発明の名称】半導体パワーモジュール

## (57)【要約】

【課題】 良好的な放熱特性と製造コストの節減とを両立的に実現する。

【解決手段】 打ち抜き加工されたリードフレーム3が、制御回路8と電力回路9の配線パターン、および外部端子1, 5, 17を兼ねている。互いに対抗するように配設されるリードフレーム3とヒートシンク1との間にには、それらの間の熱伝導を良好に保つ電気絶縁性の高熱伝導樹脂2が充填されている。ヒートシンク1とリードフレーム3は、高熱伝導樹脂2を封止する簡単な工程を実行することによって、容易に固定的に連結される。したがって、従来装置で必要とされた高価な回路基板が不要であり、しかも、装置を製造する際に、配線パターンをバーティングする工程、および、外部端子を配線パターンに接続する工程が不要である。すなわち、放熱特性を劣化させることなく、製造コストが削減される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 パワー半導体素子を有する電力回路と、このパワー半導体素子を制御する制御回路との、双方の回路が組み込まれた半導体パワーモジュールにおいて、一方主面と他方主面とを有する板状であって、前記双方の回路の各々に属する配線パターンと、前記各々と外部との電気的接続を行うための外部端子と、を構成するとともに、前記各々に属する回路素子が前記一方主面に固定された電気良導性のリードフレームと、

前記リードフレームの前記他方主面の中の少なくとも前記電力回路に属する部分に、主面が対向するように配設された熱良導性のヒートシンクと、

前記リードフレームと前記ヒートシンクとの間を充填して、これらの間を電気的に絶縁するとともに、これらを互いに固定的に連結する、電気絶縁性でしかも熱良導性の封止樹脂と、

を備えることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記リードフレームが前記双方の回路にわたって平坦であることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項3】 請求項1に記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記リードフレームの前記他方主面の中の前記電力回路に属する前記部分を第1部分とし、

前記ヒートシンクの前記主面が、前記リードフレームの前記他方主面の中の前記制御回路に属する第2部分にも対向するよう、前記ヒートシンクが配設されていることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項4】 請求項3に記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記リードフレームが、前記第1部分と前記第2部分との間で段差をなすように折れ曲がっており、しかも、前記第1部分に比べて前記第2部分が前記ヒートシンクから後退していることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項5】 請求項4に記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記リードフレームが、鈍角をもって折れ曲がっていることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項6】 請求項4に記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記ヒートシンクの前記主面が、前記第1部分に対向する第3部分と前記第2部分に対向する第4部分との間で、段差をなすように折れ曲がっており、しかも、前記第3部分に比べて前記第4部分が前記リードフレームから後退していることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項7】 請求項3に記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記リードフレームが前記双方の回路にわたって平坦であり、

前記ヒートシンクの前記主面が、前記第1部分に対向する第3部分と前記第2部分に対向する第4部分との間で、段差をなすように折れ曲がっており、しかも、前記第3部分に比べて前記第4部分が前記リードフレームから後退していることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項8】 請求項6または請求項7に記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記ヒートシンクの前記主面が、鈍角をもって折れ曲がっていることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項9】 請求項3ないし請求項8のいずれかに記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記第2部分が二つの部分に分割され、当該二つの部分によって前記第1部分が挟まれるように、前記電力回路および前記制御回路が配置されていることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項10】 請求項4ないし請求項8のいずれかに記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記第2部分が二つの部分に分割され、当該二つの部分によって前記第1部分が挟まれるように、前記電力回路および前記制御回路が配置されており、

しかも、前記外部端子は、前記二つの部分から前記第1部分とは反対側へと突出していることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項11】 請求項1に記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記ヒートシンクが、前記リードフレームの前記他方主面の中の前記電力回路に属する部分に対向する領域にのみ配設されていることを特徴とする半導体パワーモジュール。

【請求項12】 請求項1ないし請求項11のいずれかに記載の半導体パワーモジュールにおいて、

前記ヒートシンクの前記主面とは反対側がフィン状であることを特徴とする半導体パワーモジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体パワーモジュールに関し、特に、高い放熱特性と製造コストの低減化とを両立的に実現するための改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体パワーモジュールは、負荷への電力の供給を担う主電流（負荷電流）を断続する（スイッチングする）など主電流の流れを変調制御するパワー半導体素子を備える電力回路と、このパワー半導体素子の動作を制御する制御回路とが、1個の装置に組み込まれた半導体装置である。制御回路は、パワー半導体素子を駆動する駆動回路と、異常発生時の損傷からこの素子を保護するための保護回路とを有するのが通例である。こ

の半導体パワーモジュールは、例えば、モータ等の動作を制御するインバータ、あるいは無停電電源などに利用が拡大しつつある。

【0003】一方の電力回路では、主電流が流れるパワー半導体素子からの発熱が大きいために、放熱構造が採用される。他方の制御回路は弱電回路であって、その回路素子には微弱な電流しか流れないので、制御回路それ自身には放熱構造は必要とされない。このように、半導体パワーモジュールでは、熱的特性上要求される構造が異なる2つの回路が一つの装置の中に同居しており、しかも、装置のサイズはできるだけ小さいことが求められている。

【0004】図18は、特開平5-129515号公報に開示される従来の半導体パワーモジュールの正面断面図である。この従来装置では、アルミベース板51の上にエボキシ系の耐熱性の絶縁層52が形成されており、この絶縁層52の上には所定の形状にパターニングされた金属箔53が配設されている。そして、これらの部材51～53によって、絶縁配線基板70が構成されている。

【0005】金属箔53の上の所定の部位には、パワー半導体素子55がハンダ54によって固定されている。そして、金属箔53の他の部位とパワー半導体素子55との間が、アルミニウム製のボンディングワイヤ56によって電気的に接続されている。金属箔53の上には、さらに、制御回路基板71が絶縁配線基板70の上の所定の領域を占めるように固定されている。

【0006】制御回路基板71は、ガラスエボキシ(ガラスファイバで強化されたエボキシ樹脂)で構成される電気絶縁性の制御回路基板本体59を有している。そして、制御回路基板本体59の下面すなわち絶縁配線基板70に対向する面には、銅箔から成るシールド層58が形成されており、他方の面すなわち上面には、パターニングされた銅箔から成る配線60が形成されている。また、制御回路基板本体59にはシールド層58と配線60とを電気的に接続するスルーホール61が形成されている。

【0007】制御回路基板71のシールド層58と絶縁配線基板70の金属箔53との間には、エボキシ系の接着剤57が塗布されており、この接着剤57によって制御回路基板71が絶縁配線基板70の上に固定されている。配線60の上には、集積回路素子、抵抗素子、容量素子などの電子部品63(図18には代表例として集積回路素子が描かれている)が、ハンダ62によって固定されている。

【0008】また、絶縁配線基板70の金属箔53には、主電流を入力または出力するための銅製の複数の端子64a(図18には代表として1本が描かれている)が、ハンダ65aによって固定されている。さらに、制御回路基板71の配線60の上には、信号を入力または出力するための銅製の複数の端子64b(図18には代

表として1本が描かれている)が、ハンダ65bによつて固定されている。すなわち、制御回路基板71は電子部品63などとともに制御回路を構成しており、絶縁配線基板70はパワー半導体素子55、ボンディングワイヤ56などとともに電力回路を構成している。

【0009】絶縁配線基板70にはその周囲を囲むように樹脂などの絶縁体で構成される枠状のケース66が取り付けられている。絶縁配線基板70はケース76の底部に係合しており、しかも、接着剤67で互いに接合されている。すなわち、ケース66と絶縁配線基板70とは、あたかも上端が開口した箱の側面と底面とを構成している。この箱の内部、すなわち、絶縁配線基板70とケース66とで囲まれる内部には、パワー半導体素子55などの保護を目的として封止樹脂68が充填されている。

【0010】この半導体パワーモジュールは、以上のように構成されるので、パワー半導体素子55に発生する損失熱は、アルミベース板51へと良好に伝わり、アルミベース板51に取り付けられる外部の放熱板などへと効率よく放散される。パワー半導体素子55とアルミベース板51の間に介在するハンダ54、金属箔53、および絶縁層52は、いずれも熱伝導率が高く、しかも十分に薄く形成されるので、パワー半導体素子55からアルミベース板51への損失熱の伝導を妨げない。

【0011】この半導体パワーモジュールは、つぎの手順で組み立てられる。まず、アルミベース板51の上に絶縁層52を形成し、さらにその上に金属箔53を形成する。その後、金属箔53を選択的にエッティングすることによって、パターニングする。その結果、絶縁配線基板70が形成される。また、それと前後して、あらかじめ入手した市販の基板の一方正面の金属箔を配線60の形状にパターニングすることによって、制御回路基板71を形成する。

【0012】つぎに、シールド層58と金属箔53とを接着剤57で接着することによって、制御回路基板71を絶縁配線基板70の上に固定する。つぎに、パワー半導体素子55をハンダ54で金属箔53の上の所定の部位にハンダ付けする。その後、電子部品63等をハンダ62で配線60の上の所定の部位にハンダ付けすることによって制御回路を形成する。つぎにアルミワイヤ56でパワー半導体素子55と金属箔53の間等をワイヤボンディングすることによって、電力回路を形成する。

【0013】その後、端子64a, 64bを配線60および金属箔53の所定の部位にそれぞれハンダ55a, 55bを用いてハンダ付けする。その後、ケース66を絶縁配線基板70に接着剤67で固定し、最後にケース66と絶縁配線基板70とで囲まれた内部を封止樹脂68で封止することによって装置が完成する。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】従来装置は、以上のよ

うに構成され、かつ製造されていたので、つぎのような問題点を有していた。まず、高価な二種類の回路基板、すなわち絶縁配線基板70および制御回路基板71が用いられるので、製造コストが高額であるという問題点があった。さらに、装置を製造する際に、金属箔53および配線60をバーニングする工程が必要であるのに加えて、端子64a、64bを、独立した部品として準備する工程と、ハンダ付けによってそれらを基板70、71へ取り付ける工程とが必要であるという問題点があつた。すなわち、装置の製造工程が複雑であり、このことも製造コストが高額である要因となっていた。

【0015】この発明は、従来の装置における上記した問題点を解消するためになされたもので、電力回路の放熱効率を劣化させることなく、製造が容易で製造コストを節減し得る半導体パワーモジュールを提供することを目的とする。

#### 【0016】

【課題を解決するための手段】第1の発明の装置は、パワー半導体素子を有する電力回路と、このパワー半導体素子を制御する制御回路との、双方の回路が組み込まれた半導体パワーモジュールにおいて、一方主面と他方主面とを有する板状であって、前記双方の回路の各々に属する配線パターンと、前記各々と外部との電気的接続を行うための外部端子と、を構成するとともに、前記各々に属する回路素子が前記一方主面に固定された電気良導性のリードフレームと、前記リードフレームの前記他方主面の中の少なくとも前記電力回路に属する部分に、主面が対向するように配設された熟良導性のヒートシンクと、前記リードフレームと前記ヒートシンクとの間を充填して、これらの間を電気的に絶縁するとともに、これらを互いに固定的に連結する、電気絶縁性でしかも熟良導性の封止樹脂と、を備えることを特徴とする。

【0017】第2の発明の装置は、第1の発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記リードフレームが前記双方の回路にわたって平坦であることを特徴とする。

【0018】第3の発明の装置は、第1の発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記リードフレームの前記他方主面の中の前記制御回路に属する前記部分を第1部分とし、前記ヒートシンクの前記主面が、前記リードフレームの前記他方主面の中の前記制御回路に属する第2部分にも対向するように、前記ヒートシンクが配設されていることを特徴とする。

【0019】第4の発明の装置は、第3の発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記リードフレームが、前記第1部分と前記第2部分との間で段差をなすように折れ曲がっており、しかも、前記第1部分に比べて前記第2部分が前記ヒートシンクから後退していることを特徴とする。

【0020】第5の発明の装置は、第4の発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記リードフレームが、鈍

角をもって折れ曲がっていることを特徴とする。

【0021】第6の発明の装置は、第4の発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記ヒートシンクの前記主面が、前記第1部分に対向する第3部分と前記第2部分に対向する第4部分との間で、段差をなすように折れ曲がっており、しかも、前記第3部分に比べて前記第4部分が前記リードフレームから後退していることを特徴とする。

【0022】第7の発明の装置は、第3の発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記リードフレームが前記双方の回路にわたって平坦であり、前記ヒートシンクの前記主面が、前記第1部分に対向する第3部分と前記第2部分に対向する第4部分との間で、段差をなすように折れ曲がっており、しかも、前記第3部分に比べて前記第4部分が前記リードフレームから後退していることを特徴とする。

【0023】第8の発明の装置は、第6または第7の発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記ヒートシンクの前記主面が、鈍角をもって折れ曲がっていることを特徴とする。

【0024】第9の発明の装置は、第3ないし第8のいずれかの発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記第2部分が二つの部分に分割され、当該二つの部分によって前記第1部分が挟まれるように、前記電力回路および前記制御回路が配置されていることを特徴とする。

【0025】第10の発明の装置は、第4ないし第8のいずれかの発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記第2部分が二つの部分に分割され、当該二つの部分によって前記第1部分が挟まれるように、前記電力回路および前記制御回路が配置されており、しかも、前記外部端子は、前記二つの部分から前記第1部分とは反対側へと突出していることを特徴とする。

【0026】第11の発明の装置は、第1の発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記ヒートシンクが、前記リードフレームの前記他方主面の中の前記電力回路に属する部分に対向する領域にのみ配設されていることを特徴とする。

【0027】第12の発明の装置は、第1ないし第11のいずれかの発明の半導体パワーモジュールにおいて、前記ヒートシンクの前記主面とは反対側がフィン状であることを特徴とする。

#### 【0028】

##### 【発明の実施の形態】

<1. 実施の形態1>はじめに、実施の形態1の半導体パワーモジュールについて説明する。

【0029】<1-1. 装置の構成>図1および図2は、それぞれ実施の形態1の半導体パワーモジュールの構成を示す部分切断斜視図および正面断面図である。このモジュール101は、電力回路9と、この電力回路9の動作を制御する制御回路8とを備えている。

【0030】図3の回路図に、モジュール101の回路構成を示す。電力回路9は、電力スイッチング素子としてのIGBT素子4aと、フリーホイールダイオード4bとを備えている。IGBT素子4aは、コレクタ電極Cからエミッタ電極Eへと流れる主電流を、ゲート電極Gに入力されるゲート電圧信号に応答して導通および遮断する。この主電流は、コレクタ電極Cおよびエミッタ電極Eに接続された外部端子17を通じて、外部の負荷へと供給される。IGBT素子4aに逆並列に接続されるフリーホイールダイオード4bは、IGBT素子4aへの過大な逆電圧の印加を防止する役割を担っている。

【0031】電力回路9に複数の配線16を通じて結合した制御回路8には、集積回路素子5a、抵抗素子5b、および、容量素子5cなどが備わっている。そして、これらの素子は駆動回路と保護回路とを構成している。駆動回路は、複数の外部端子15の一つに入力された制御信号に応答して、ゲート電極Gへゲート電圧信号を送出する制御回路内の回路部分である。保護回路は、IGBT素子4aの動作環境を監視し、異常発生時のIGBT素子4aの損傷を防止する回路部分である。

【0032】保護回路は、コレクタ電極Cとエミッタ電極Eとの間の電圧、すなわちコレクタ・エミッタ間電圧をモニタし、この電圧が所定の基準値を超えて過大になったときに、外部からの制御信号とは無関係に、IGBT素子4aを遮断すべくゲート電極Gを駆動する。保護回路は、さらに、IGBT素子4aを流れる主電流に比例してセンス電極Sを流れる微弱な電流、すなわちセンス電流をモニタすることによって、主電流が所定の基準値を超えて過大になったときに、外部からの制御信号とは無関係に、IGBT素子4aを遮断すべくゲート電極Gを駆動する。

【0033】また、保護回路は、過電圧あるいは過電流が発生したときに、異常の発生を報知する信号を外部端子15を通じて外部へと送り出す。このように、保護回路は、過電圧および過電流などの異常に起因する損傷からIGBT素子4aを保護する役割を担っている。なお、以上では、制御回路8が駆動回路と保護回路とを備える好ましい例を説明したが、一般に制御回路8は、駆動回路のみを備えてもよい。

【0034】図1および図2に戻って、銅などの電気良導性の金属から成るリードフレーム3の上の複数の部位に、制御回路8および電力回路9に含まれる各種の素子がハンダ付けされている。図1、図2には、これらの素子の中のIGBT素子4a、集積回路素子5a、および抵抗素子5bが代表として描かれている。これらの素子は、図1、図2に例示するように、好ましくはペアチップ素子（樹脂等でモールドされない裸のチップから成る回路素子）として構成されている。

【0035】そして、電力回路9の各素子とリードフレーム3の他の部位との間が、アルミニウム製のボンディ

ングワイヤ6aによって電気的に接続されている。同様に、制御回路8の各素子とリードフレーム3のさらに別の部位との間が、金製のボンディングワイヤ6bによって電気的に接続されている。

【0036】リードフレーム3は、配線16を含む制御回路8および電力回路9の配線パターンを構成するとともに、外部端子15および外部端子17をも構成している。すなわち、リードフレーム3は、図18に示した従来装置における金属箔3、配線60、および端子64

10 a、64bを兼ねている。製造工程で準備されるリードフレーム3の周縁部には、図1に点線で描かれるタイバ21が設けられており、このタイバ21を通じて全体が一體的に連結されている。リードフレーム3は、後述する高熱伝導樹脂2、絶縁樹脂7の封止が完了した後に、タイバ21が切除されることによって、連結が解除され、複数の孤立した部分へと切り離される。

【0037】リードフレーム3は、高熱伝導樹脂2の上面に配設されており、この高熱伝導樹脂2を挟んで、例えば銅などの熱良導性の金属から成る板状のヒートシンク1が、リードフレーム3に平行に対向するように、その直下に配設されている。高熱伝導樹脂2は、例えば、粒径が精密に調整されたアルミニナまたは空化アルミニウムのフィラーがエポキシ樹脂に混入されて成る一種の複合材料で構成される。この材料は、電気絶縁性が良好であるとともに、エポキシ樹脂にシリカのフィラーが混入されて成る周知の材料に比べて、熱伝導性がさらに高くなっている。

【0038】高熱伝導樹脂2は、リードフレーム3とヒートシンク1とを固定的に結合している。そして、高熱伝導樹脂2は、リードフレーム3とヒートシンク1との間に電気的に絶縁するとともに、IGBT素子4aで発生する損失熱を、リードフレーム3からヒートシンク1へと良好に伝える。リードフレーム3とヒートシンク1との間に介在する高熱伝導樹脂2の厚さは、リードフレーム3からヒートシンク1への良好な熱伝導を妨げない程度の大きさに抑えられる。

【0039】通常の使用形態において、ヒートシンク1には冷却フィンなどの放熱用部材が取り付けられる。そして、ヒートシンク1へ伝わった損失熱は、この放熱用部材へと放散される。

【0040】高熱伝導樹脂2の上面は、例えばエポキシ樹脂などの電気絶縁性および耐熱性に優れる樹脂から成る絶縁樹脂7によって覆われている。この絶縁樹脂7は、リードフレーム3の外部端子15および外部端子17に相当する突出部分を除いて、制御回路8および電力回路9に含まれる各素子、ボンディングワイヤ6a、6b、およびリードフレーム3を封止している。そのことによって、これらの部品を外部の温気その他から保護している。

【0041】<1-2. 装置の製造方法>このモジュール1

0 1 の製造方法は、つぎの通りである。はじめに、図 4 の平面図に示すリードフレーム 3 を準備する。リードフレーム 3 は、銅などの電気良導性の金属板を所定のバターン形状に打ち抜き加工することによって、容易に得られる。この工程で準備されるリードフレーム 3 には、全体を一体的に連結するタイバ 2 1 が設けられている。このため、最終工程でタイバ 2 1 が切り落とされるまでの全工程を通じて、リードフレーム 3 は一体的に連結した部材としての取扱いが可能である。

【0 0 4 2】つぎに、図 1 に示すように、リードフレーム 3 の上に各素子を固着し、その後、ボンディングワイヤ 6 a, 6 b によるワイヤボンディングを行う。つづいて、金型を用いて絶縁樹脂 7 の封止を行う。

【0 0 4 3】その後、図 5 の正面断面図に示す要領で、高熱伝導樹脂 2 の封止を実行する。図 5 に示すように、高熱伝導樹脂 2 の封止を実行するためには、空洞 3 5 を有する上金型 3 4 と空洞 3 2 を有する下金型 3 1 とが、あらかじめ準備される。一方の空洞 3 5 は絶縁樹脂 7 を容易に収納可能な形状に形成されており、他方の空洞 3 2 は、ヒートシンク 1 および高熱伝導樹脂 2 に密着する形状に形成されている。また、下金型 3 1 には空洞 3 2 に連通する注入経路 3 3 が形成されている。

【0 0 4 4】空洞 3 2 の底面の所定の位置にヒートシンク 1 を置き、絶縁樹脂 7 を空洞 3 5 に収納した状態で、下金型 3 1 と上金型 3 4 とを閉塞する。そうして、注入経路 3 3 を通じて液状の高熱伝導樹脂 2 を注入し、加熱硬化させることによって、高熱伝導樹脂 2 の封止を行う。この工程によって、ヒートシンク 1、高熱伝導樹脂 2、およびリードフレーム 3 が、互いに固定的に結合する。

【0 0 4 5】また、リードフレーム 3 には、絶縁樹脂 7 があらかじめ結合しているので、高熱伝導樹脂 2 の封止の過程で、リードフレーム 3 の撓み（たわみ）変形が起り難い。このため、リードフレーム 3 とヒートシンク 1 との間の所望の間隔および平行度が、容易にかつ高精度で得られる。

【0 0 4 6】封止が完了した絶縁樹脂 7 および高熱伝導樹脂 2 は、図 4 において一点鎖線で示すリードフレーム 3 の中央領域を覆っている。そして、外部端子 1 5 および外部端子 1 7 に相当する部分、並びにタイバ 2 1 が、これらの絶縁樹脂 7 および高熱伝導樹脂 2 の外部へ露出している。これらの樹脂の封止が完了すると、図 4 における符号 A を付した切断線に沿って、リードフレーム 3 を切断することによって、タイバ 2 1 の切除が行われる。この最終工程によって、互いに一体的に連結していた複数の外部端子 1 5, 1 7 が互いに切り離され、モジュール 1 0 1 が完成する。

【0 0 4 7】<1-3. 装置の利点>モジュール 1 0 1 は以上のように構成され、かつ製造されるので、つぎのような利点を有している。まず、従来装置とは異なり、金属

箔 3 および配線 6 0 のバーニング工程、端子 6 4 a, 6 4 b を準備する工程、および、端子 6 4 a, 6 4 b を金属箔 3、配線 6 0 の所定部位に固着する工程が不要である。そして、これらの複雑な工程が、単にリードフレーム 3 を打ち抜き加工するという簡単な工程に置き換えられる。すなわち、モジュール 1 0 1 は、製造工程が簡略であるという利点を有している。

【0 0 4 8】また、高熱伝導樹脂 2 を封止する工程は容易であり、しかも、リードフレーム 3 とヒートシンク 1 との間の間隔および平行度が、容易にしかも精密に調節可能である。このため、従来装置における高価な二種類の回路基板、すなわち絶縁配線基板 7 0 および制御回路基板 7 1 を用いることなく、良好な放熱特性が実現する。すなわち、モジュール 1 0 1 は、良好な放熱特性と製造コストの節減とを両立的に実現する。

【0 0 4 9】さらに、モジュール 1 0 1 では、従来装置と異なり、ケース 6 6 が不要であり、絶縁樹脂 7 と高熱伝導樹脂 2 を封止するだけで、装置の内部の保護が達成される。このことも、製造コストの節減に寄与する。

【0 0 5 0】また、リードフレーム 3 が、制御回路 8 および電力回路 9 の双方を通じて平坦である。すなわち、従来装置に存在した電力回路の金属箔 5 3 と制御回路の配線 6 0 との間の段差が、モジュール 1 0 1 では解消されている。このため、IGBT 素子 4 a、集積回路素子 5 a などの各素子をリードフレーム 3 の上に固着する工程が円滑に行われ得る。また、ボンディングワイヤ 6 a, 6 b によるワイヤボンディングを行う工程も、同様に円滑に遂行可能である。すなわち、この点でも製造工程が容易であり、製造コストが節減される。

【0 0 5 1】<2. 実施の形態 2>図 6 は、実施の形態 2 の半導体パワーモジュールの構成を示す正面断面図である。なお、以下の図において、図 1 ～図 5 に示した実施の形態 1 の装置と同一部分あるいは相当部分（同一の機能を有する部分）については、同一符号を付してその詳細な説明を略する。

【0 0 5 2】このモジュール 1 0 2 では、リードフレーム 3 が、制御回路 8 に属する領域と電力回路 9 に属する領域との間で段差をなしている。そして、リードフレーム 3 とヒートシンク 1 との間に介在する高熱伝導樹脂 2 の厚さは、電力回路 9 の領域では小さく、制御回路 8 の領域では大きく設定されている。このため、リードフレーム 3 の電力回路 9 に相当する部分とヒートシンク 1 との間の熱抵抗が低く抑えられるので、それらの間の熱伝導特性が良好に保たれる。それと同時に、放熱の必要なない制御回路 8 に相当する部分とヒートシンク 1 との間の容量結合（高熱伝導樹脂 2 に寄生的に発生する寄生容量を介した電気的結合）が低減される。

【0 0 5 3】その結果、IGBT 素子 4 a のスイッチング動作にともなう電気的ノイズが、ヒートシンク 1 を通じて集積回路素子 5 a へと侵入し、制御回路 8 の誤動作

をもたらすという悪影響が抑制される。さらに加えて、ヒートシンク1に取り付けられる外部の冷却フィン(図示を省略する)を介して侵入する電気的ノイズによる制御回路8の誤動作も効果的に抑制される。すなわち、モジュール102では、放熱特性を劣化させることなく、電気的ノイズの影響を排除して、制御回路8の安定な動作を実現することができる。

【0054】また、リードフレーム3における段差は、高熱伝導樹脂2の封止工程における樹脂の注入を円滑にするという役割をも果たす。図7は、このことを示す正面断面図である。図7に示すように、高熱伝導樹脂2を封止する工程において注入経路33から注入される液状の樹脂は、リードフレーム3とヒートシンク1との間の隙間に侵入し、この隙間を充填する。このとき、制御回路8の領域でリードフレーム3とヒートシンク1との間の間隔が広くなっているために、注入される樹脂の流動性が良好である。

【0055】すなわち、リードフレーム3とヒートシンク1との間で間隔が狭くなっている領域が、電力回路9の領域に限られているので、この領域におけるリードフレーム3とヒートシンク1との間の狭い隙間にも、封止樹脂が円滑に流入する。その結果、高熱伝導樹脂2におけるボイドの発生が抑制されるので、リードフレーム3とヒートシンク1との間の高い耐圧が、製品間のばらつき(偏差)を抑制して安定的に実現する。

【0056】<3> 実施の形態3>図8は、実施の形態3の半導体パワーモジュールの構成を示す正面断面図である。このモジュール103では、モジュール102と同様に、リードフレーム3が、制御回路8に属する領域と電力回路9に属する領域との間で段差をなしている。しかしながら、リードフレーム3は、折れ曲がり部3aにおいて直角に折れ曲がるのではなく、段差の間に斜面を形成するように、緩やかな角度で90°を超える鈍角をもって折れ曲がっている点が、モジュール102とは特徴的に異なっている。

【0057】このため、高熱伝導樹脂2を封止する工程において、封止樹脂が、間隔の狭い制御回路8の領域から間隔の広い電力回路9の領域へと、一層円滑に導かれる。すなわち、折れ曲がり部3aで封止樹脂の流れが妨げられないので、封止樹脂の流動性がさらに高められるという利点が得られる。このことは、リードフレーム3とヒートシンク1との間の高い耐圧を、より安定的に実現する。

【0058】<4> 実施の形態4>図9は、実施の形態4の半導体パワーモジュールの構成を示す正面断面図である。このモジュール104では、モジュール103と同様に、リードフレーム3が、制御回路8に属する領域と電力回路9に属する領域との間で段差をなしており、しかも折れ曲がり部では緩やかな角度で折れ曲がっている。しかしながら、電力回路9が中央部に設けられ、そ

の両側部に制御回路8が分割されて配置されており、この点が、モジュール103とは特徴的に異なっている。そして、リードフレーム3とヒートシンク1との間を隔てる高熱伝導樹脂2の厚さは、中央部において小さくその両側部において大きくなっている。

【0059】このため、ヒートシンク1の中で、電力回路9の領域から遠く離れた部分が比較的少なく、モジュール103に比べると、ヒートシンク1の中のすべての部分が電力回路9の領域に一層近接している。このため、電力回路9で発生した損失熱が、一層効率よくヒートシンク1を通じて外部へと放散される。すなわち、モジュール104では、放熱効率がさらに改善されるという利点が得られる。

【0060】また、電力回路9を挟む両側部に配置される制御回路8から外側へ向かって突出する外部端子15、19とヒートシンク1との間は、高熱伝導樹脂2の相対的に厚く設けられた部分によって隔てられている。すなわち、外部端子15、19とヒートシンク1との間の沿面距離が長くなっている。このため、リードフレーム3とヒートシンク1との間の耐圧がさらに高められるという利点が得られる。

【0061】<5> 実施の形態5>図10は、実施の形態5の半導体パワーモジュールの構成を示す正面断面図である。また、図11は、このモジュール105に属するヒートシンク1の斜視図である。図10および図11に示すように、モジュール105では、リードフレーム3は平坦なままでし、ヒートシンク1の上面すなわちリードフレーム3に対向する面に段差を設けることによって、高熱伝導樹脂2の厚さを制御回路8と電力回路9との間で段階的に異ならせている。

【0062】モジュール105においても、高熱伝導樹脂2の厚さは、電力回路9では小さく、制御回路8では大きく設定されているので、電力回路9の良好な放熱特性と制御回路8の耐ノイズ性とが両立して実現する。しかも、ヒートシンク1の上面は、段差の間に斜面を形成するように、緩やかな角度で90°を超える鈍角で折れ曲がっているので、高熱伝導樹脂2を封止する工程における封止樹脂の流動性が良好であるという利点が得られる。このことは、すでに述べたように、リードフレーム3とヒートシンク1との間の高い耐圧を安定的に実現する。

【0063】また、リードフレーム3は段差を持たず、制御回路8と電力回路9との双方にわたって平坦であるので、IGBT素子4a、集積回路素子5a等の各素子のリードフレーム3の上への固定、およびボンディングワイヤ6a、6bによるワイヤボンディングが、いずれも容易に行われるという利点が得られる。すなわち、この実施の形態のモジュール105は、実施の形態1と実施の形態3との双方の利点を両立的に実現する。

【0064】<6> 実施の形態6>図12は、実施の形態6の半導体パワーモジュールの構成を示す正面断面図

である。このモジュール 106 では、ヒートシンク 1 の上面とリードフレーム 3 との双方に段差を設けることによって、高熱伝導樹脂 2 の厚さを制御回路 8 と電力回路 9 との間で段階的に異ならせている。このため、モジュールの高さを同一とした条件下で、制御回路 8 におけるリードフレーム 3 とヒートシンク 1 との間の間隔を一層広くして、制御回路 8 の耐ノイズ性をさらに高めることができる。

【0065】また、電力回路 9 からの損失熱の放散を効率よく行う上で、ヒートシンク 1 の厚さには最適な大きさがあり、ある限度を超えて厚くなると放熱効率が低下する。したがって、ヒートシンク 1 に設けられる段差の大きさ、すなわち上面の高さの差には一定の限度がある。モジュール 106 では、リードフレーム 3 にも段差が設けられるので、ヒートシンク 1 の段差だけでは実現できない範囲にまで、電力回路 9 と制御回路 8 との間ににおける高熱伝導樹脂 2 の厚さの差異を拡大することが可能である。すなわち、制御回路 8 の耐ノイズ性をさらに高めることができる。

【0066】なお、図 12 に例示するように、実施の形態 3 および 5 で述べたと同一理由により、ヒートシンク 1 の上面と、リードフレーム 3 との双方において、折れ曲がり部は緩やかな角度で折れ曲がっているのが望ましい。

【0067】<7. 実施の形態 7> 図 13 は、実施の形態 7 の半導体パワーモジュールの構成を示す正面断面図である。このモジュール 107 では、実施の形態 4 と同様に、電力回路 9 が中央部に設けられ、その両側部に制御回路 8 が分割されて配置されている。同時に、実施の形態 5 と同様に、リードフレーム 3 は平坦なままでし、ヒートシンク 1 の上面すなわちリードフレーム 3 に対向する面に段差を設けることによって、高熱伝導樹脂 2 の厚さを制御回路 8 と電力回路 9 との間で段階的に異ならせている。

【0068】したがって、モジュール 107 は、実施の形態 4 および 5 の双方の装置の利点を同時に実現する。すなわち、電力回路 9 が中央部に設けられるので、電力回路 9 で発生した損失熱の放熱効率が高いという利点を得られる。また、外部端子 15, 19 とヒートシンク 1 との間の沿面距離が長いので、リードフレーム 3 とヒートシンク 1 との間の耐圧がさらに高められる。さらに、リードフレーム 3 は段差を持たず、制御回路 8 と電力回路 9 との双方にわたって平坦であるので、IGBT 素子 4a、集積回路素子 5a 等の各素子のリードフレーム 3 の上への固定、およびボンディングワイヤ 6a, 6b によるワイヤボンディングが、いずれも容易に行われ得る。

【0069】<8. 実施の形態 8> 図 14 は、実施の形態 8 の半導体パワーモジュールの構成を示す正面断面図である。このモジュール 108 では、実施の形態 4 と同

様に、電力回路 9 が中央部に設けられ、その両側部に制御回路 8 が分割されて配置されている。同時に、実施の形態 6 と同様に、ヒートシンク 1 の上面とリードフレーム 3 との双方に段差を設けることによって、高熱伝導樹脂 2 の厚さを制御回路 8 と電力回路 9 との間で段階的に異ならせている。

【0070】したがって、モジュール 108 は、実施の形態 4 および 6 の双方の装置の利点を同時に実現する。すなわち、電力回路 9 が中央部に設けられるので、電力

10 回路 9 で発生した損失熱の放熱効率が高いという利点を得られる。また、外部端子 15, 19 とヒートシンク 1 との間の沿面距離が長いので、リードフレーム 3 とヒートシンク 1 との間の耐圧がさらに高められる。さらに、ヒートシンク 1 の上面とリードフレーム 3 との双方に段差が設けられるので、モジュールの高さを同一とした条件下で、制御回路 8 におけるリードフレーム 3 とヒートシンク 1 との間の間隔を一層広くして、制御回路 8 の耐ノイズ性をさらに高めることができる。

【0071】<9. 実施の形態 9> 図 15 は、実施の形態 9 の半導体パワーモジュールの構成を示す正面断面図である。このモジュール 109 では、ヒートシンク 1 が電力回路 9 が占める領域のみに配置されている点が、実施の形態 1 のモジュール 101 とは特徴的に異なっている。すなわち、モジュール 109 では、ヒートシンク 1 の中に損失熱の放散への寄与の度合いが比較的小さい領域を削減することで、製造コストの低減を図っている。

【0072】同時に、制御回路 8 が占める領域にヒートシンク 1 が存在しないことから、電気的ノイズの制御回路 8 への悪影響が抑制される。すなわち、モジュール 1 30 09 は、放熱特性をさほどには劣化させることなく、電気的ノイズの影響を排除して、制御回路 8 の安定な動作を実現するとともに、製造コストの一層の低減を実現する。

【0073】<10. 実施の形態 10> 図 16 は、実施の形態 10 の半導体パワーモジュールの構成を示す正面断面図である。このモジュール 110 では、ヒートシンク 1 が放熱フィンと一体的に形成されている点が、実施の形態 9 のモジュール 109 とは特徴的に異なっている。

40 【0074】モジュールの通常の使用形態では、ヒートシンク 1 は外部の放熱フィンへと固定される。このモジュール 110 では、ヒートシンク 1 が放熱フィンを兼ねているので、使用の際にヒートシンク 1 を放熱フィンへと取り付ける工程を必要としない。すなわち、使用の際に必要な工程が簡略化されるという利点がある。さらに、通常の使用形態においてヒートシンク 1 と放熱フィンとの間に発生する接触熱抵抗が、モジュール 110 では解消されるので、放熱特性がさらに良好であるという利点がある。

【0075】図 16 では、電力回路 9 が占める領域のみ

にヒートシンク1が設けられた例を示したが、例えば図17の正面断面図に示すように、放熱フィンが一体的に連結するヒートシンク1を、制御回路8と電力回路9の双方にわたって配設しても良い。図17に示すモジュール111は、実施の形態4のモジュール104のヒートシンク1を放熱フィンと一体化した装置例となっている。このモジュール111においても、モジュール110と同様に、使用の際の工程が簡略化されるとともに、接触熱抵抗が解消されるのにともなって放熱特性がさらに向上する。

## 【0076】

【発明の効果】第1の発明の装置では、リードフレームが配線パターンと外部端子とを兼ねている。このため、従来装置を製造する際に必要とされた工程、すなわち、回路基板上の金属箔をバーニングして配線パターンを形成する工程、外部端子を別途準備する工程、および、外部端子を配線パターンに固着する工程が、この発明の装置では、リードフレームを打ち抜き加工するという簡単な工程に置き換える。

【0077】また、この装置では、リードフレームとヒートシンクの間を充填する封止樹脂によって、それらの間に電気的に絶縁されている。封止樹脂を充填することは、簡単な封止工程を実行することによって可能である。このため、高価な回路基板を用いることなく、しかも、簡単な工程で、装置を製造することが可能である。

【0078】さらに、ヒートシンクは、リードフレームの中の少なくとも電力回路に属する部分に対向するよう設置され、それらの間に介在する電気絶縁性の封止樹脂は熟良導性である。このため、電力回路に発生した損失熱は、回路基板を有する従来装置に比べて劣ることなく、ヒートシンクへと効率よく伝えられる。すなわち、この装置は、良好な放熱特性と製造コストの節減とを両立的に実現する。

【0079】第2の発明の装置では、リードフレームが電力回路と制御回路の双方にわたって平坦である。このため、装置を製造する際に、電力回路を構成するパワー半導体素子を含む回路素子、および、制御回路を構成する回路素子を、リードフレーム上に固着する工程が円滑に行われ得る。また、これらの回路素子とリードフレームとの間をワイヤボンディングする工程も容易に遂行可能である。すなわち、この装置では、製造コストがさらに節減される。

【0080】第3の発明の装置では、ヒートシンクが、リードフレームの制御回路に属する部分にも対向するよう配設されているので、電力回路で発生した損失熱が、ヒートシンクを介して外部へと一層高い効率で放散される。

【0081】第4の発明の装置では、リードフレームが、電力回路に属する部分ではヒートシンクに近く、制御回路に属する部分では遠くなるように、段差を有して

いる。このため、電力回路で発生する損失熱の放熱特性を劣化させることなく、ヒートシンクを通じての電気的ノイズの制御回路への侵入が抑制される。すなわち、制御回路の耐ノイズ性が改善される。

【0082】また、リードフレームとヒートシンクの間を充填する封止樹脂が、一部において厚くなるので、この樹脂を封止する工程において、樹脂の流動性が向上する。このため、封止樹脂に空洞が発生し難いので、リードフレームとヒートシンクの間の所望の耐圧が安定的に得られる。

【0083】第5の発明の装置では、リードフレームが鈍角で折れ曲がっているので、折れ曲がり部で封止樹脂の流れが妨げられない。すなわち、封止樹脂の流動性がさらに高められる。このため、リードフレームとヒートシンクとの間の高い耐圧が、一層安定的に得られる。

【0084】第6の発明の装置では、リードフレームの電力回路に属する部分はヒートシンクに近く、制御回路に属する部分は遠くなるように、リードフレームとヒートシンクの正面との双方に段差が設けられている。このため、制御回路の耐ノイズ性を一定とした条件下で、装置の高さを縮小することができる。あるいは、装置の高さを一定として条件下で、制御回路の耐ノイズ性をさらに高めることができる。

【0085】第7の発明の装置では、リードフレームの電力回路に属する部分はヒートシンクに近く、制御回路に属する部分は遠くなるように、ヒートシンクの正面に段差が設けられている。このため、電力回路で発生する損失熱の放熱特性を劣化させることなく、ヒートシンクを通じての電気的ノイズの制御回路への侵入が抑制される。すなわち、制御回路の耐ノイズ性が改善される。

【0086】また、リードフレームとヒートシンクの間を充填する封止樹脂が、一部において厚くなるので、この樹脂を封止する工程において、樹脂の流動性が向上する。このため、封止樹脂に空洞が発生し難いので、リードフレームとヒートシンクの間の所望の耐圧が安定的に得られる。

【0087】さらに、リードフレームは平坦なままでいるので、装置の製造の際に、回路素子の固着およびワイヤボンディングが容易に行い得る。

【0088】第8の発明の装置では、ヒートシンクの正面が鈍角で折れ曲がっているので、折れ曲がり部で封止樹脂の流れが妨げられない。すなわち、封止樹脂の流動性がさらに高められる。このため、リードフレームとヒートシンクとの間の高い耐圧が、一層安定的に得られる。

【0089】第9の発明の装置では、制御回路が二つの部分に分割されており、電力回路がこれらの二つの部分によって挟まれるように、電力回路および制御回路が配置されている。このため、リードフレームの電力回路に属する部分は、ヒートシンクの中央部に対向する。その

結果、電力回路で発生した損失熱は、ヒートシンクを通じて、一層高い効率で外部へと放散される。

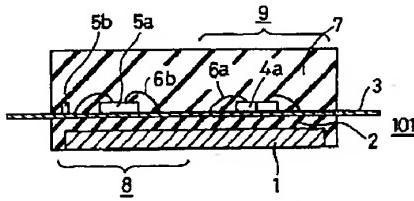
【0090】第10の発明の装置では、制御回路が二つの部分に分割されており、電力回路がこれらの二つの部分によって挟まるるように、電力回路および制御回路が配置されている。このため、電力回路で発生した損失熱は、ヒートシンクを通じて、一層高い効率で外部へと放散される。

【0091】しかも、リードフレームの外部端子に相当する部分は、二つの部分から電力回路とは反対側へと突出しているので、外部端子とヒートシンクの間が、封止樹脂の相対的に厚い部分によって隔てられている。すなわち、外部端子とヒートシンクとの間の沿面距離が長いので、リードフレームとヒートシンクの間の耐圧がさらに向上する。

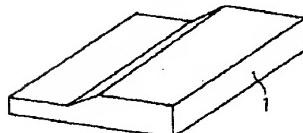
【0092】第11の発明の装置では、ヒートシンクが、リードフレームの中の電力回路に属する部分に対応する領域にのみ配設されている。すなわち、ヒートシンクの中で損失熱の放散への寄与の度合いが比較的小い領域が削減されている。このため、良好な放熱特性と製造コストの一層の削減とが両立的に得られる。また、リードフレームの制御回路に属する部分に対応する領域にはヒートシンクが存在しないので、制御回路の耐ノイズ性がさらに向上する。

【0093】第12の発明の装置では、ヒートシンクのリードフレームに対抗する主面とは反対側がフィン状であるので、外部の放熱フィンにヒートシンクを取り付ける必要がない。すなわち、使用の際の手間が簡素化される。さらに、ヒートシンクと放熱フィンとの間に発生する接触熱抵抗が解消されるので、放熱特性が良好である。

【図2】



【図1.1】



## 【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1の装置の部分切断斜視図である。

【図2】 図1の装置の正面断面図である。

【図3】 図1の装置の回路図である。

【図4】 図1の装置のリードフレームの平面図である。

【図5】 図1の装置を製造する一工程を示す工程図である。

【図6】 実施の形態2の装置の正面断面図である。

【図7】 図6の装置を製造する一工程を示す工程図である。

【図8】 実施の形態3の装置の正面断面図である。

【図9】 実施の形態4の装置の正面断面図である。

【図10】 実施の形態5の装置の正面断面図である。

【図11】 図10の装置のヒートシンクの斜視図である。

【図12】 実施の形態6の装置の正面断面図である。

【図13】 実施の形態7の装置の正面断面図である。

【図14】 実施の形態8の装置の正面断面図である。

【図15】 実施の形態9の装置の正面断面図である。

【図16】 実施の形態10の装置の一例の正面断面図である。

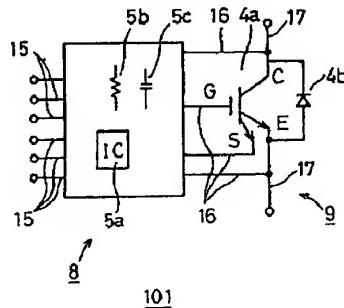
【図17】 実施の形態10の装置の別の例の正面断面図である。

【図18】 従来の装置の正面断面図である。

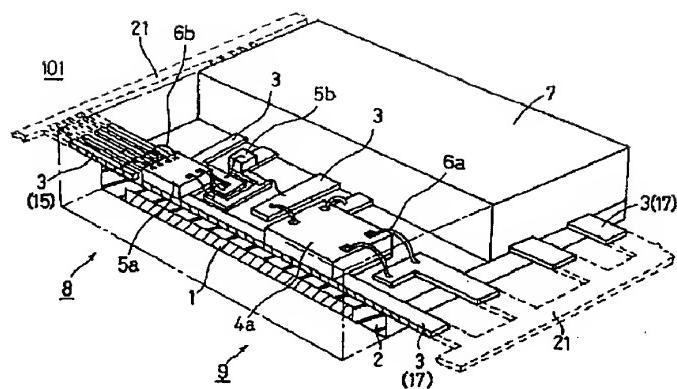
## 【符号の説明】

1 ヒートシンク、2 高熱伝導樹脂（封止樹脂）、3 リードフレーム、4a IGBT素子（パワー半導体素子）、8 制御回路、9 電力回路。

【図3】

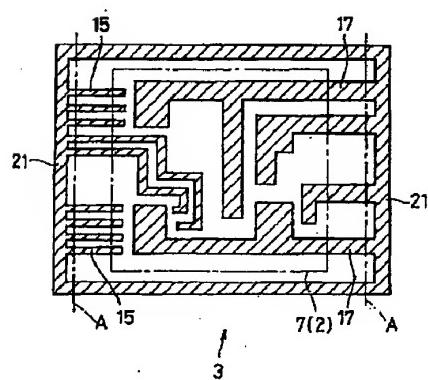


【図 1】

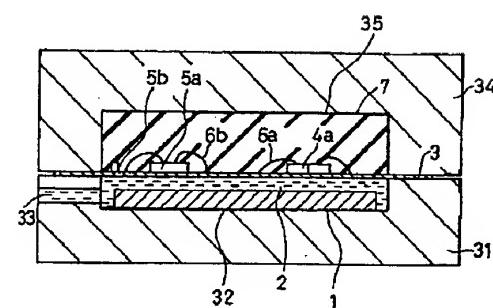


1 : ヒートシンク  
2 : 高熱伝導樹脂 (封止樹脂)  
3 : リードフレーム  
4 a : IGBT 契子 (パワー半導体素子)  
8 : 駆御回路  
9 : 電力回路

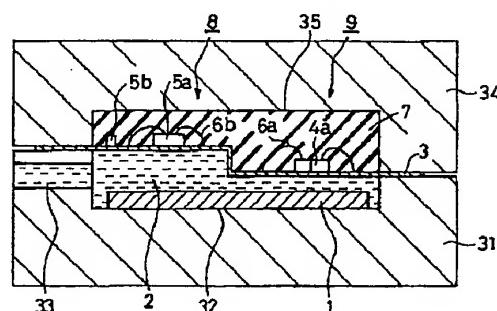
【図 4】



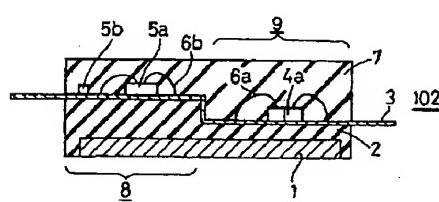
【図 5】



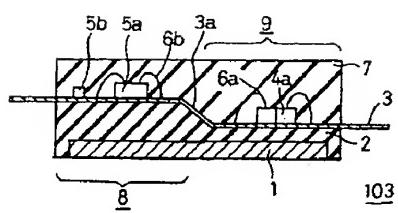
【図 7】



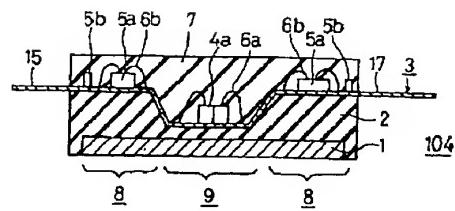
【図 6】



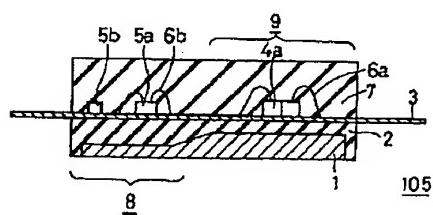
【図8】



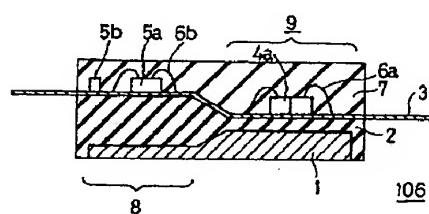
【図9】



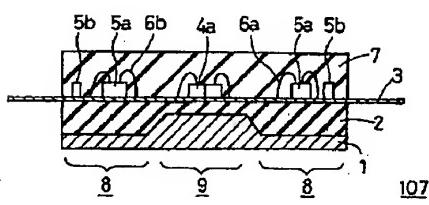
【図10】



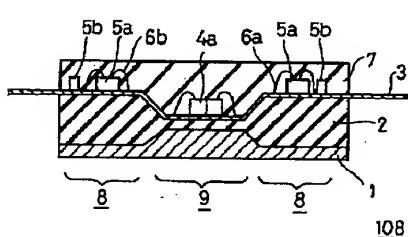
【図12】



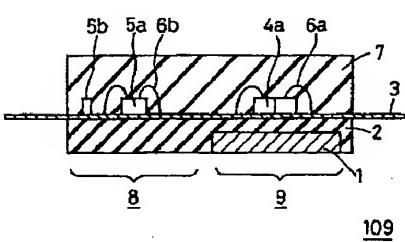
【図13】



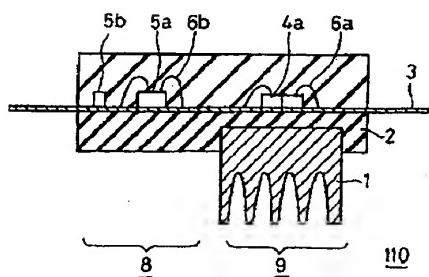
【図14】



【図15】



【図16】



[図 17]

